

Mittlere Gebirgsdurchlässigkeiten der hydrogeologischen Einheiten im Großraum Grünstadt, Rheinland-Pfalz

FRANK BITZER

Kurzfassung: Veränderungen der Grundwasserverhältnisse im Großraum Grünstadt sind der Auslöser für aktuelle hydrogeologische Untersuchungen der oberen Wasserbehörde. In diesem Zusammenhang wurden auf der Basis von Altdaten aus dem Archiv des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz mittlere Gebirgsdurchlässigkeiten abgeschätzt. Die Ergebnisse werden vorgestellt und im Vergleich mit Literaturangaben diskutiert.

Abstract: Long term changing groundwater conditions in the Grünstadt Area are the trigger for current hydrogeological studies of the state water authority. In this context data from the archives of the Landesamt für Geologie und Bergbau (Department for Geology and Mining of Rhineland-Palatinate) were used to estimate rock permeabilities. The results are presented and discussed with reference to data given in the literature.

1. Einleitung

Als „Großraum Grünstadt“ wird das zwischen dem Pfrimm-Tal im Norden und dem Isenach-Tal im Süden liegende Untersuchungsgebiet bezeichnet (Abb.1).

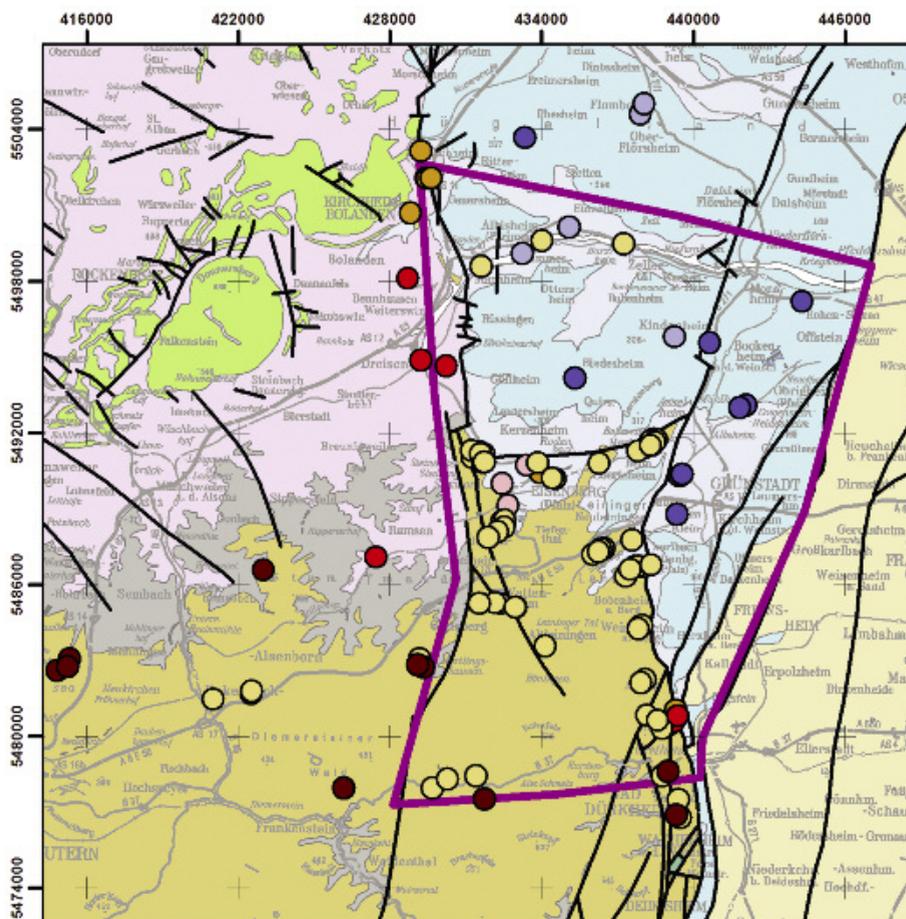
Es erstreckt sich im nordwestlichen Bereich bis an das tektonisch begrenzte und dort beginnende Verbreitungsgebiet des Rotliegend und folgt damit der Westgrenze des Mainzer Beckens. Nach Süden hin reicht dieser Bereich bis an die westlichste, dem Oberrheingraben zuzurechnende Störungszone (BITZER 2012). Im Osten erstreckt sich das Untersuchungsgebiet bis an die Rheingrabenzwischen-scholle (BITZER 2013).

Im zentralen und nördlichen Untersuchungsgebiet sind vor allem Gesteine des Mergel- und Kalktertiärs verbreitet. Sie überdecken Schichtfolgen des Buntsandsteins.

Im südlichen Bereich fehlt die tertiäre Überdeckung und der Buntsandstein streicht dort aus. Etwa zwischen dem Eck-Bach-Tal und dem Eis-Bach-Tal im zentralen Bereich des Untersuchungsgebietes erreicht der Buntsandstein seine maximale Mächtigkeit in der Größenordnung von etwa 300 m. Das Ausfallen der jüngeren Schichtglieder des Buntsandsteins im nördlichen Untersuchungsteilgebiet deutet auf deren prätertiäre Erosion hin (BITZER 2012).

Hinsichtlich der Beschreibung der großräumigen geologischen Verhältnisse wird z. B. auf BITZER (2012) verwiesen. Auf sie wird im Weiteren nicht eingegangen. Die in Bezug auf die Trinkwasserversorgung gegebene wasserwirtschaftliche Bedeutung des rheinland-pfälzischen Buntsandsteins im Allgemeinen ist z. B. in KAMPF et al. (2000, 2007) dargestellt.

Innerhalb des Untersuchungsgebietes wurden in den vergangenen Jahren mehrere Hinweise auf die Veränderung der Grundwasserverhältnisse gesammelt (BITZER 2013).



Hydrogeologische Übersichtskarte HÜK300



Aufschlusspunkte



Sie waren letztlich Auslöser für aktuelle Untersuchungen durch die Struktur- und Genehmigungsdirektion Süd als Basis für die zukünftige Grundwasserbewirtschaftung dieses Raumes.

Nachfolgend werden aus Archivdaten des Landesamtes für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz abgeschätzte mittlere Gebirgsdurchlässigkeiten für die im Untersuchungsraum verbreiteten hydrogeologischen Einheiten vorgestellt.

2. Datenbestand und Vorgehensweise

Zur Abschätzung mittlerer Gebirgsdurchlässigkeiten wurden die im Archiv des Landesamtes für Geologie und Bergbau vorhandenen Daten zu Aufschlusspunkten innerhalb des Untersuchungsgebietes gesichtet.

Insgesamt lagen 128 Datensätze vor, die eine Auswertung erlaubten. Sie stammen im Wesentlichen aus einem Zeitraum ab etwa dem Jahr 1960. Es handelte sich um Pumpversuche in offenen Bohrlöchern, Grundwassermessstellen und ausgebauten Brunnen. Die Pumpversuche wurden, entsprechend der jeweiligen Zielsetzung, in unterschiedlicher Dauer sowie zeitlicher und räumlicher Beobachtungsdichte durchgeführt. Entsprechend heterogen ist der Datenbestand zur jeweiligen Dokumentation dieser Versuche.

Um bei der Auswertung eine annähernde Vergleichbarkeit der Werte zu erzielen wurde ein einheitliches Verfahren vorgesehen. Es kam das Näherungsverfahren nach LINCK (1963) bzw. LOGAN (1964) zur Anwendung. Bei der Auswertung der Pumpversuche war die jeweilige Ausbausituation der Grundwasseraufschlüsse entsprechend zu berücksichtigen.

Die Abb. 1 dokumentiert die räumliche Verteilung der ausgewerteten Aufschlusspunkte. Dargestellt ist, für welche hydrogeologische Einheit die mittlere Gebirgsdurchlässigkeit an den Aufschlusspunkten ermittelt wurde. Die Abb. 1 zeigt, dass Aufschlusspunkte im Kalk- und Mergelertär im zentralen und nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes, unter anderem auch im Bereich der Rheingrabenrand-scholle vorliegen. Die im letztgenannten Bereich in LGB (2009) bereichsweise angezeigte Verbreitung vom Mergelertär ist allerdings fraglich (BITZER 2012).

Die Aufschlusspunkte im Buntsandstein erstrecken sich vom südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes bis an dessen Nordrand nahe dem Pfrimm-Tal. Allerdings nimmt die Aufschlussdichte in dieser Richtung deutlich ab.

Der Zechstein ist nur durch Bohrungen im südlichen und westlichen Bereich – dort zum Teil auch außerhalb des Untersuchungsgebietes – erkundet worden. Die Lage der Aufschlusspunkte im Bereich der Buntsandsteinverbreitung deutet hier auf die bereichsweise geringe Mächtigkeit des Buntsandsteins hin.

Die Aufschlusspunkte im Rotliegend befinden sich am westlichen Gebirgsrand des dort beginnenden Nordpfälzer Berglands sowie in unmittelbarer Nähe zur Rheingrabenhauptstörung im südlichen Bereich des Untersuchungsgebietes.

←
Abb. 1: Untersuchungsgebiet „Großraum Grünstadt“ (Umgrenzung in Lila). Dargestellt ist die Lage der Aufschlusspunkte, für die die mittlere Gebirgsdurchlässigkeit ermittelt wurde sowie die zugehörige hydrogeologische Einheit. Die Zuordnung zu den hydrogeologischen Einheiten entspricht LGB (2009) bzw. den jeweiligen Aufschlussangaben. Hinterlegt ist der entsprechende Ausschnitt aus der hydrogeologischen Übersichtskarte 1:300 000 (LGB 2009) mit UTM-Koordinaten.

Tab.1: Abgeschätzte mittlere Gebirgsdurchlässigkeiten in [m/s].

1: ermittelt im nördlichen Bereich des Mainzer Beckens; 2: ermittelt im nordwestlichen Bereich des Mainzer Beckens; 3: ermittelt im zentralen und westlichen Bereich des Mainzer Beckens; 4: ermittelt im Kalktätär der Randscholle des Oberrheingrabens bei Bad Dürkheim; 5: ermittelt im Stadtgebiet von Mainz; 6: ermittelt im Unteren Buntsandstein (westlicher und südlicher Bereich des Untersuchungsgebietes); 7: ermittelt im höheren Buntsandstein (südlicher bis zentraler Bereich des Untersuchungsgebietes); 8: ermittelt im Mittleren Buntsandstein (zentraler Bereich des Untersuchungsgebietes); 9: ermittelt für das Grundwasserleitersystem Buntsandstein – Unterer Muschelkalk; 10: ermittelt für landesweite Aufschlüsse im Rotliegend.

Hydrogeologische Einheit (Anzahl der Datensätze)	Mittelwert / Median	Literaturwerte	Quelle
Kalktätär (9)	$1,1 \times 10^{-4}$ / $2,3 \times 10^{-5}$	2×10^{-7} bis 2×10^{-4} 10^{-7} bis 10^{-3} 1 bis 5×10^{-5} 7×10^{-4} bis 2×10^{-4} stark variabel	KRAUTHAUSEN & JENTSCH (2007) ⁴ SCHÄFER (2009) ³ SHARIFZADEH (1974) ⁵ FRITSCH (1991) ¹ BGR (2011)
Mergeltätär (5)	$1,8 \times 10^{-6}$ / $1,6 \times 10^{-6}$	2 bis 5×10^{-6} < 10^{-5}	SHARIFZADEH (1974) ⁵ BGR (2011)
Pliozän (5)	$1,1 \times 10^{-6}$ / $6,7 \times 10^{-7}$	> 10^{-6} bis 10^{-4} 2×10^{-4} (Median)	BGR (2011) MELUF, MLULF & MLWF (1980)
Meeressand (9)	$3,9 \times 10^{-5}$ / $2,9 \times 10^{-5}$	1×10^{-4}	SHARIFZADEH (1974) ²
Buntsandstein (74)	$1,8 \times 10^{-5}$ / $1,1 \times 10^{-5}$	10^{-7} bis 10^{-3} 10^{-7} bis 10^{-5} 1×10^{-6} bis 5×10^{-5} 8×10^{-5} bis 1×10^{-3} (Median) 10^{-4} bis 10^{-3} > 10^{-6} bis 10^{-4}	BGR (2011) ⁹ SCHÄFER (2009) ³ LGB & LPW (2004) LGB & LUWG (2010) ⁸ BGR (2011) ⁹ BGR (2011) ⁷
Zechstein (11)	$6,1 \times 10^{-6}$ / $3,1 \times 10^{-6}$	1×10^{-6} bis 5×10^{-5} > 10^{-5} bis 10^{-4}	LGB & LPW (2004) BGR (2011)
Rotliegend (6)	$7,4 \times 10^{-5}$ / $4,8 \times 10^{-5}$	1×10^{-7} bis 5×10^{-4} 3×10^{-7} bis 2×10^{-4} > 10^{-7} bis 10^{-5} 10^{-6} bis 10^{-5} 2×10^{-6} (Median), 1×10^{-5} (Mittelwert)	LGB & LPW (2004) LGB & LUWG (2010) BGR (2011) SCHÄFER (2009) ³ mündl. Mitteilung H.-G. FRITSCH 27.01.2011 zu BAR et al. (2010) ¹⁰

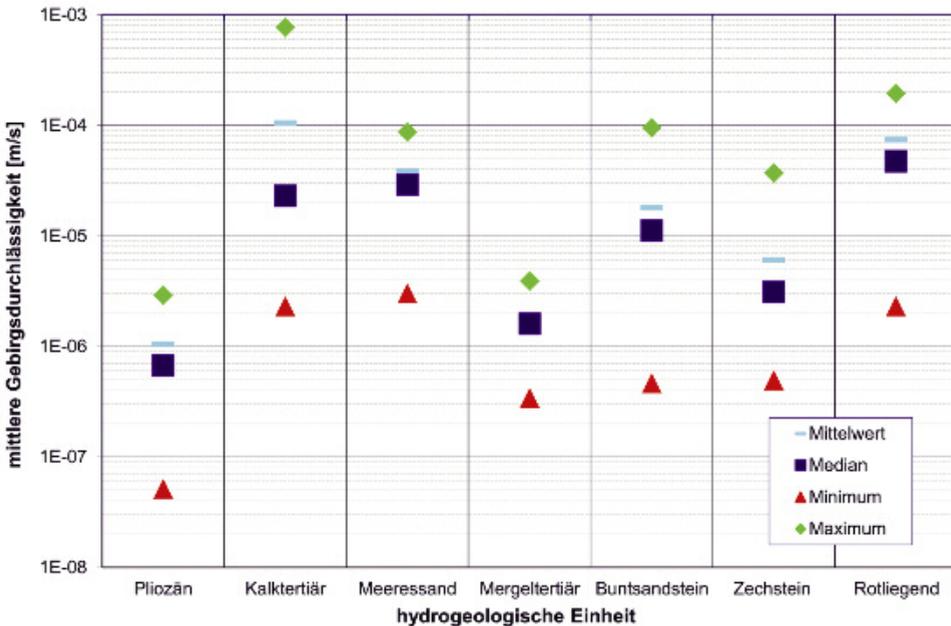


Abb. 2: Die Ergebnisse der Pumpversuchsauswertung für alle hydrogeologischen Einheiten. Ausgewertet wurde nach dem Verfahren von LINCK (1963) bzw. LOGAN (1964); ($1\text{E-}03 = 1 \times 10^{-3}$).

3. Mittlere Gebirgsdurchlässigkeiten

Für die nach LGB (2009) bzw. den Bohrprofilen unterscheidbaren sieben hydrogeologischen Einheiten (siehe Tab. 1) wurden mittlere Gebirgsdurchlässigkeiten abgeschätzt. Die Ergebnisse der Pumpversuchsauswertung sind in der Abb. 2 dargestellt.

Für den Buntsandstein lagen die meisten Datensätze vor. Für die übrigen, mit nur geringer Anzahl an Datensätzen belegten Einheiten haben die abgeschätzten mittleren Gebirgsdurchlässigkeiten eher einen orientierenden Charakter.

Die Tab. 1 gibt einen Überblick über die Anzahl der Datensätze je hydrogeologischer Einheit, die ermittelten Median- und Mittelwerte und setzt diese Werte in Beziehung zu Literaturangaben.

Nachfolgend werden die abgeschätzten mittleren Gebirgsdurchlässigkeiten vorgestellt und hinsichtlich der anzunehmenden Größenordnungen diskutiert.

Kalktertiär

Die für das Kalktertiär ermittelten Werte zeigen eine deutliche Streuung. Dies drückt sich im Unterschied zwischen Mittelwert ($1,1 \times 10^{-4}$ m/s) und Median ($2,3 \times 10^{-5}$ m/s) aus. Untersuchungen von KRAUTHAUSEN & JENTSCH (2007) belegen für den Bereich südlich der Ortslage Kallstadt (Rheingrabenzwischenscholle nordöstlich Bad Dürkheim) eine Abnahme der Durchlässigkeiten mit der Tiefe von ca. 3×10^{-5} m/s auf etwa 2×10^{-7} m/s (untersuchte Tiefenintervalle: 26 bis 43 m u. GOK und 52 bis 85 m u. GOK).

Für das Kalktertiär im Untersuchungsgebiet wird von einer mittleren Gebirgsdurchlässigkeit von $2,3 \times 10^{-5}$ m/s im Tiefenbereich bis ca. 50 m u. GOK ausgegangen. Dieser Wert liegt im Wesentlichen innerhalb der von den anderen Autoren angegebenen Größenordnungen.

Mergeltertiär

Die für das Mergeltertiär nur im nördlichen Bereich des Untersuchungsgebietes abgeschätzte mittlere Durchlässigkeit (Median) liegt innerhalb der für Bereiche im nördlichen Mainzer Becken abgeschätzten Größenordnung.

Es wird eine mittlere Gebirgsdurchlässigkeit von $1,6 \times 10^{-6}$ m/s angesetzt.

Pliozän

Für das Pliozän liegen nur wenige Werte aus dem Bereich des Eisenberger Beckens vor. Es ist in diesem Bereich nur geringmächtig ausgebildet. Die stratigraphische Zuordnung darf als nicht gut abgesichert betrachtet werden.

Der Wertebereich von $1,1 \times 10^{-6}$ (Mittelwert) bis $6,7 \times 10^{-7}$ m/s (Median) liegt am unteren Ende der in der Literatur angegebenen Größenordnungen.

Meeressande

Die tertiären Meeressande sind im Wesentlichen im Bereich Kirchheimbolanden erschlossen worden (Abb. 1). Von ihrer Genese her ist diese Fazies auf den westlichen Rand des Mainzer Beckens beschränkt.

Die abgeschätzte mittlere Gebirgsdurchlässigkeit von ca. 3×10^{-5} m/s (Median) liegt etwa eine Größenordnung unter dem zitierten Literaturwert, wird jedoch angesichts der im Vergleich zum übrigen Tertiär deutlich geringeren Streuung der ermittelten Einzelwerte als plausibel für den nordwestlichen Bereich des Untersuchungsgebietes angesehen.

Buntsandstein

Für den Buntsandstein wurde die mittlere Gebirgsdurchlässigkeit mit ca. 1×10^{-5} m/s abgeschätzt (Median). Die Einzelwerte streuen über etwa zweieinhalb Größenordnungen. Der Medianwert ist in guter Übereinstimmung mit den Auswertungsergebnissen hydrogeologischer Kartierungen anderer Buntsandsteinverbreitungsgebiete in Rheinland-Pfalz (LGB & LUWG 2010, LGB & LFW 2004). Die große Anzahl an Datensätzen für den Buntsandstein in Verbindung mit den unterschiedlichen Erschließungstiefen erlaubt im Weiteren eine tiefendifferenzierte Betrachtung.

Zechstein

Der für den Zechstein abgeschätzte Wert für die mittlere Gebirgsdurchlässigkeit von etwa 3×10^{-6} m/s (Median) beschränkt sich in seiner Gültigkeit auf den südlichen und westlichen Bereich des Untersuchungsgebietes. Er liegt jedoch um bis zu 2 Größenordnungen unter dem in der Literatur angegebenen Wertebereich. Insbesondere im südwestlichsten Bereich des Untersuchungsgebietes ist der Zechstein von seiner faziellen Ausbildung her (Sortierung, Komponentenrundung, Komponentenbindung) im Vergleich geringer durchlässig einzuschätzen als in südlich anschließenden Gebieten (vgl. LGB & LFW 2004).

Für den zentralen Bereich des Untersuchungsgebietes wird der Wertebereich von 10^{-6} m/s bis 1×10^{-5} m/s als plausibel angesehen.

Rotliegend

Die abgeschätzte mittlere Gebirgsdurchlässigkeit von etwa 5×10^{-5} m/s (Median) für das Rotliegend ist überraschend hoch und entspricht nicht den in der Mehrzahl bei Erschließungsversuchen gesammelten Erfahrungen. Die Aufschlusspunkte, deren Datensätze bei der Auswertung genutzt wurden liegen fast ausschließlich in durch besondere strukturelle Gegebenheiten geprägten Bereichen des Untersuchungsgebietes: Die Punkte am nordwestlichen Rand des Gebietes sind durch Störungen, die den westlichen Rand des Mainzer Beckens flankieren beeinflusst. Im Zusammenspiel mit der Erschließung im Quarzitkonglomerat wurde beispielsweise im Brunnen „Am Gehrbach“ (Weiherhof) eine mittlere Gebirgsdurchlässigkeit in der Größenordnung von 10^{-4} m/s ermittelt. Dieser sehr hohe Wert verdeutlicht die vereinzelt und nur lokal auftretenden besonders günstigen Erschließungsverhältnisse im Rotliegend. Ebenso liegen die Aufschlusspunkte am südöstlichen Rand des Untersuchungsgebietes bereits im durch intensive Klüftung bzw. durch die Rheingrabenhauptstörung geprägten Gebirgsrand. Der oben genannte, ermittelte Wert gilt demnach nur für die, hinsichtlich der Durchlässigkeit aufgrund der lokalen strukturellen und faziellen Gegebenheiten, begünstigten Standorte. In den nicht oder nur wenig durch Störungen beeinflussten und in der Standenbühl-Fazies ausgebildeten Bereichen wird die mittlere Gebirgsdurchlässigkeit im Rotliegend auf Werte im Bereich von 10^{-7} m/s bis 1×10^{-6} m/s geschätzt.

4. Mittlere Gebirgsdurchlässigkeiten im Buntsandstein

Die Abb. 3 zeigt die Lage der ausgewerteten Aufschlusspunkte im Buntsandstein mit den jeweiligen Endteufen sowie den Absperrstrecken.

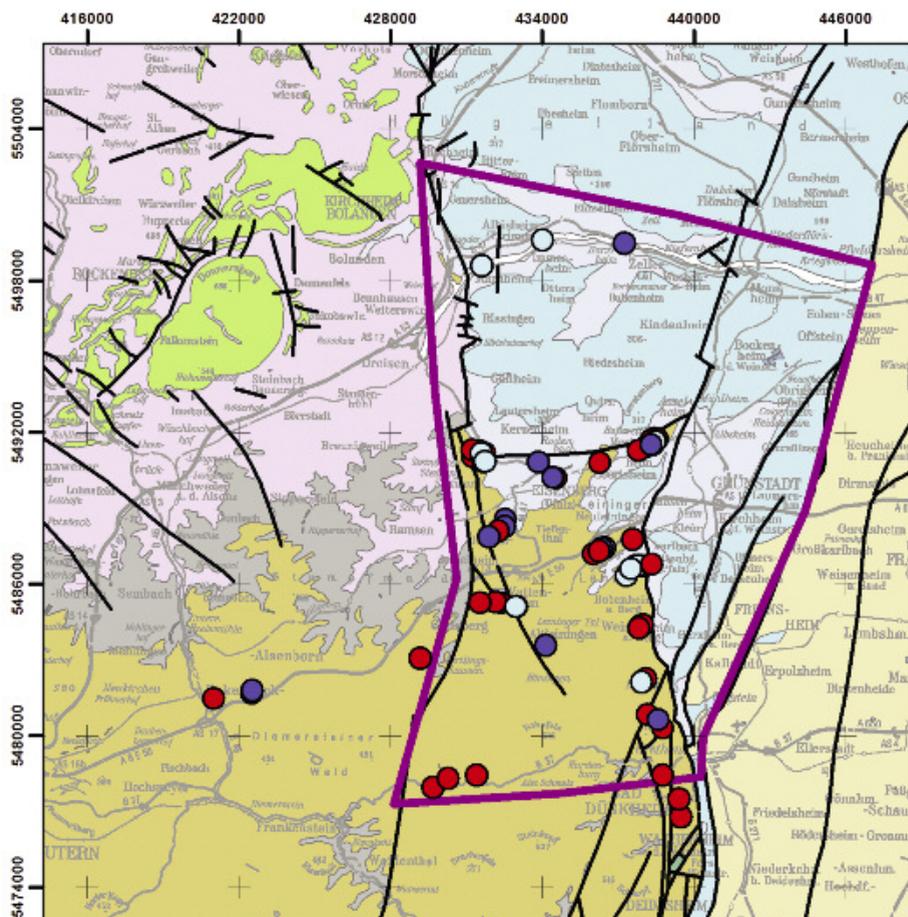
Da es sich in der überwiegenden Mehrzahl um Brunnen handelt, spiegelt die Abbildung die jeweiligen Ausbaukonzepte bzw. die bestehende Erschließungssituation wider. Insbesondere im zentralen Bereich des Untersuchungsgebietes, dem Eisenberger Becken, lässt sich auch die historische Entwicklung der Grundwassererschließung im Buntsandstein erkennen: Die Entwicklung geht von flachen, mit geringen Absperrstrecken ausgerüsteten Brunnenbauwerken zu tiefen Grundwassererschließungen mit Absperrstrecken bis 100 m.

Die Verbreitung der ermittelten Gebirgsdurchlässigkeiten in der Fläche (Abb. 4) zeigt zunächst eine erkennbare Konzentration höherer Werte im zentralen Bereich des Untersuchungsgebietes. Dabei deutet sich eine, durch die Verteilung der Aufschlusspunkte beeinflusste, Südost-Nordwest Orientierung dieser relativ höheren Werte an.

Diese Richtung entspricht im Wesentlichen dem Streichen der Achse der Pfälzer Mulde, die im Untersuchungsbereich ihre nordöstliche Fortsetzung hat. Unter Umständen könnten aufgrund der stärksten Dehnung entlang der Achse der Muldenstruktur dort erhöhte Durchlässigkeiten – insbesondere im Unteren Buntsandstein – bestehen.

Denkbar wären jedoch auch, vor allem an die Hauptstörungszonen gebundene, und die Durchlässigkeiten herabsetzende Prozesse als Ursache dieser räumlichen Differenzierung. Der Einfluss der von BAUER (1994) in Dünnschliffen des Buntsandsteins festgestellten Illitisierung und Bildung von authigenem Kalifeldspat im Zuge der tertiären, telodiagenetischen Entwicklung könnte sich hier bemerkbar machen.

Insbesondere im Bereich der maximalen Buntsandsteinmächtigkeiten lässt sich aufgrund der verschiedenen Erschließungskonzepte eine tiefendifferenzierte Betrachtung der mittleren Gebirgsdurchlässigkeiten durchführen.



Hydrogeologische Übersichtskarte HÜK300



Absperrestrecke (m) uGOK



— Störungen

Mittlere Gebirgsdurchlässigkeiten im Großraum Grünstadt

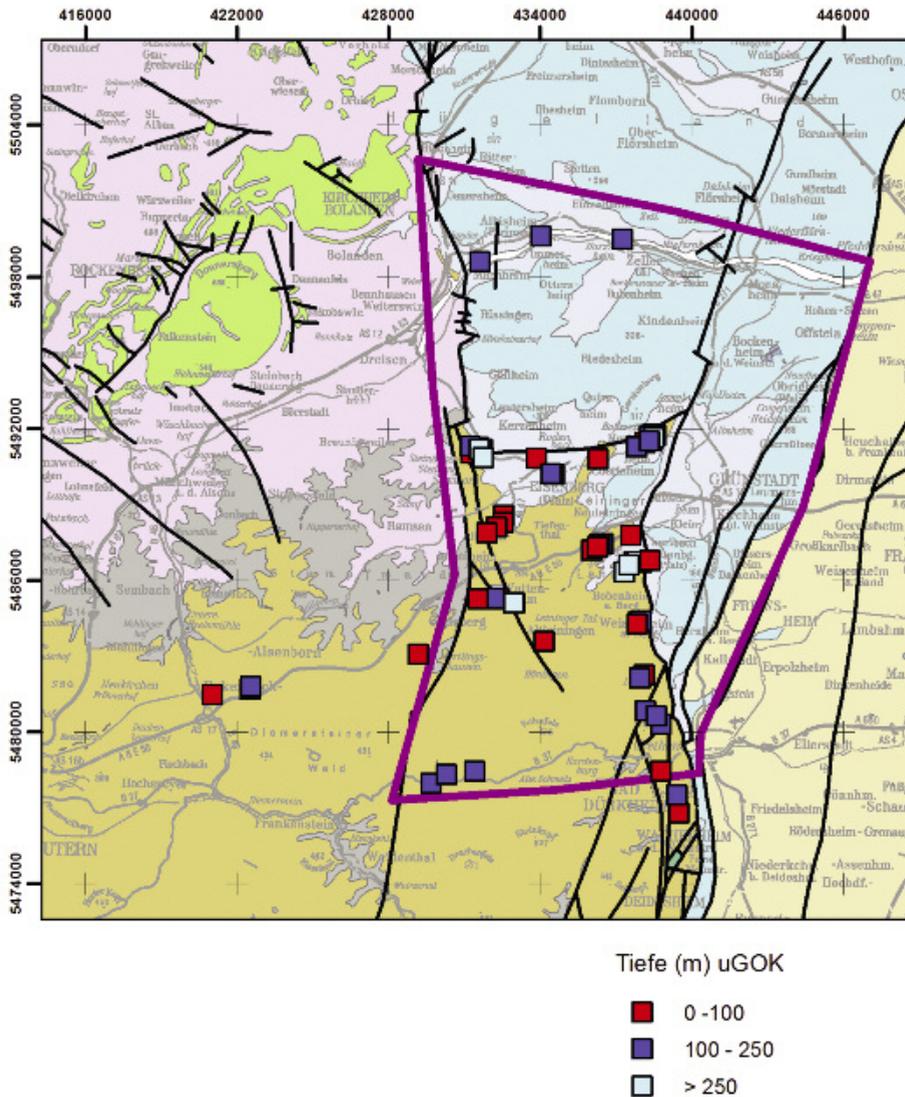
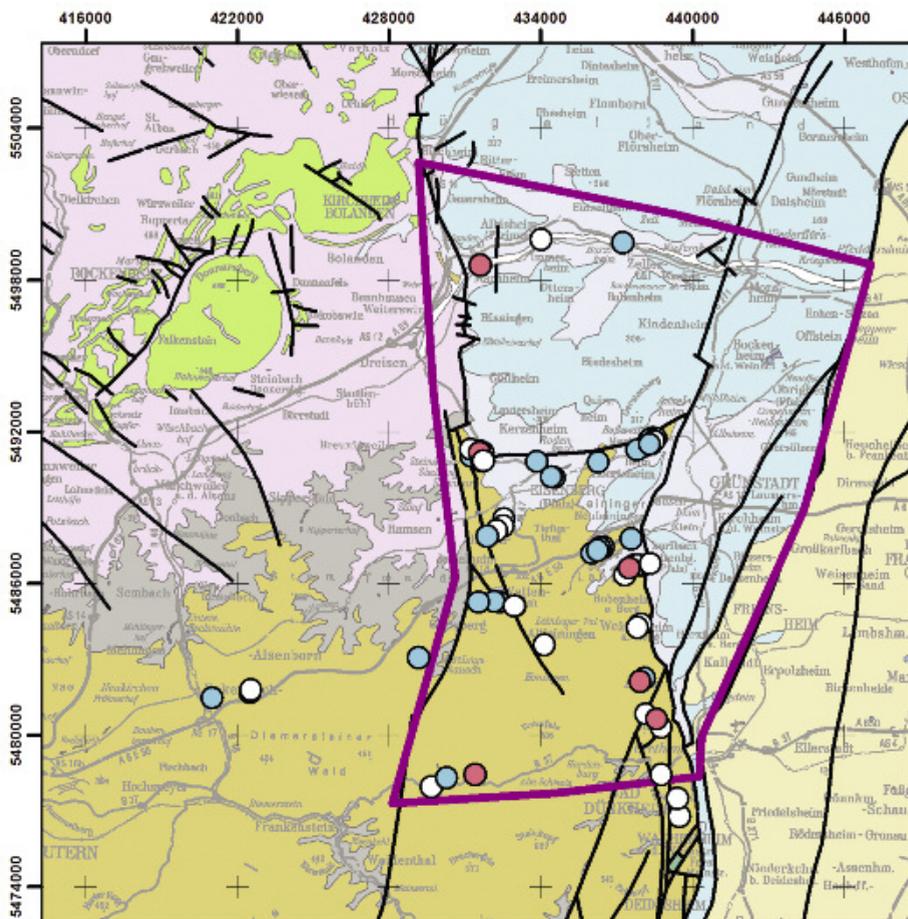


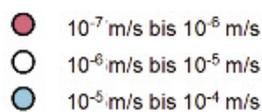
Abb. 3 (links und oben): Untersuchungsgebiet „Großraum Grünstadt“ (Umgrenzung in Lila). Hinterlegt ist der entsprechende Ausschnitt aus der hydrogeologischen Übersichtskarte 1:300 000 (LGB 2009). Lage der ausgewerteten Aufschlusspunkte im Buntsandstein mit Differenzierung nach der Länge der Absperrstrecken (linke Seite) sowie den Endteufen (oben). Tiefenangaben jeweils in Meter unter Geländeoberkante= [m] u. GOK.



Hydrogeologische Übersichtskarte HÜK300



mittlere Gebirgsdurchlässigkeit



— Störungen

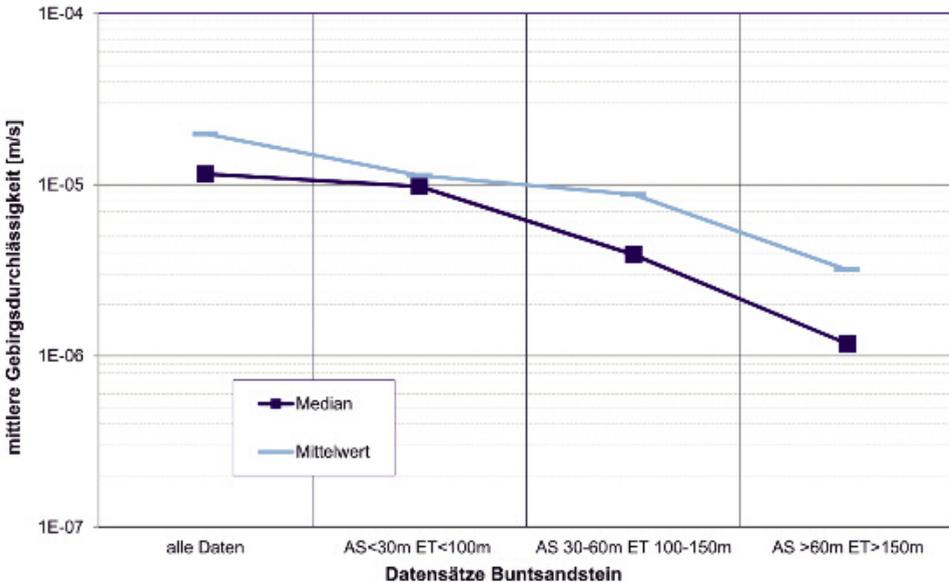


Abb. 5: Darstellung der abgeschätzten mittleren Gebirgsdurchlässigkeiten (Mittelwert, Median) für die unterschiedlichen Erschließungstiefenintervalle; ($1\text{E}-03 = 1 \times 10^{-3}$).

Die Abb. 5 dokumentiert die ermittelten Werte (Mittelwert, Median) für die unterschiedlichen Erschließungstiefenintervalle. Die Graphik zeigt, dass die mittleren Gebirgsdurchlässigkeiten bei zunehmenden Absperrstrecken und Erschließungstiefen um etwa 1 Größenordnung von ca. 1×10^{-5} m/s auf etwa 1×10^{-6} m/s abnehmen. Sofern sich hier der abnehmende Einfluss der oberflächennahen Auflockerung und Entfestigung des austreichenden Buntsandsteins abbildet, darf davon ausgegangen werden, dass der Buntsandstein unter Bedeckung durch Mergeltertiär überwiegend mittlere Gebirgsdurchlässigkeiten $< 1 \times 10^{-5}$ m/s aufweist.

Eine auf die einzelnen Schichtfolgen des Buntsandsteins abzielende Differenzierung der abgeschätzten Gebirgsdurchlässigkeiten war nicht möglich. Zum einen ist bei etwa einem Drittel der Buntsandsteinbohrungen keine sichere stratigraphische Zuordnung möglich gewesen. Zum anderen erschließt die Mehrzahl der übrigen Bohrungen und Brunnen im Buntsandstein das Grundwasser die Schichtfolgen übergreifend, so dass eine entsprechende Differenzierung nicht möglich ist. In der überwiegenden Anzahl wurden mit den Bohrungen und Brunnen jedoch die Trifels- und Rehberg-Schichten des Unteren Buntsandsteins, in wenigen Fällen zusammen mit dem Zechstein erschlossen.



Abb. 4: Untersuchungsgebiet „Großraum Grünstadt“ (Umgrenzung in Lila). Hinterlegt ist der entsprechende Ausschnitt aus der hydrogeologischen Übersichtskarte 1:300 000 (LGB 2009). Abgeschätzte mittlere Gebirgsdurchlässigkeiten für den Buntsandstein. Es zeigt sich eine Konzentration relativ höherer Werte im zentralen Bereich des Untersuchungsgebietes; ($1\text{E}-03 = 1 \times 10^{-3}$).

Die Wertegruppe „alle Daten“ beinhaltet die Ergebnisse von Aufschlusspunkten mit und ohne Absperrstrecken. Abkürzungen: AS = Absperrstrecke, ET= Endteufe.

Zunehmend geringere Werte wurden bei zunehmender Länge der Absperrstrecke sowie zunehmender Erschließungstiefe ermittelt.

5. Zusammenfassung

Für die sieben im Untersuchungsgebiet vertretenen hydrogeologischen Einheiten wurden Werte zur mittleren Gebirgsdurchlässigkeit abgeschätzt. Die Ergebnisse sind in guter Übereinstimmung mit Werten geologisch vergleichbarer, jedoch räumlich unterschiedlich entfernter Einheiten.

Die räumliche Verteilung der für den Buntsandstein abgeschätzten Werte deutet auf eine im zentralen Untersuchungsbereich relativ erhöhte mittlere Gebirgsdurchlässigkeit hin. Als mögliche Ursachen hierfür wird die Muldenstruktur mit maximaler Dehnung in deren Kern bzw. entlang deren Achse für möglich gehalten. Ebenso sind relative Durchlässigkeitserniedrigungen durch Mineralneubildungen während der telodiagenetischen Entwicklung in relativer Nähe zu den Hauptstörungen denkbar.

Für den Buntsandstein konnte eine vertikale Differenzierung der mittleren Gebirgsdurchlässigkeiten nachgewiesen und mit Zahlen näher beschrieben werden. Unter der Annahme, dass in erster Linie jüngere Auflockerungs- und Verwitterungsprozesse zu einer relativen Erhöhung der Durchlässigkeiten im oberflächennahen Bereich geführt haben, kann die mittlere Gebirgsdurchlässigkeit im Buntsandstein bei Überdeckung durch das Mergeltertär auf eine Größenordnung von 10^{-6} m/s geschätzt werden.

Schriften

- BÄR, K. & ANRDT, D. & SASS, I. & HOPPE, A. & FRITSCHKE, H.-G. & KRACHT, M. (2011): Forschungs- und Entwicklungsprojekt „3D-Modell der geothermischen Tiefenpotenziale von Hessen“, Abschlussbericht. Technische Universität Darmstadt, http://www.hlug.de/fileadmin/img_content/geologie/erdwaerme/hessen_3d/Geothermische_Daten.pdf.
- BAUER, A. (1994): Diagenese des Buntsandsteins im Bereich der Rheingraben-Westrandstörung bei Bad Dürkheim.– Mitt. Pollichia, **81**, S. 215–289, Bad Dürkheim.
- BITZER, F. (2012): Zu den Untergrundverhältnissen im Übergangsbereich des westlichen Oberrheingrabenrandes und Mainzer Beckens. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F., **94**, S. 9–27, 6 Abb., Stuttgart.
- (2013): Zur Entwicklung der Grundwasserverhältnisse im Großraum Grünstadt, Rheinland-Pfalz. Mainzer geowiss. Mitt., **41**, S. 21–36, Mainz.
- BGR (Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hrsg., 2011): Hydrogeologische Übersichtskarte 1:200 000 von Deutschland (HÜK200), Oberer Grundwasserleiter. 55 Kartenblätter, Hannover.
- FRITSCHKE, H.-G. (1991): Anthropogene Stoffeinträge und ihre Auswirkungen auf die Grundwasserqualität im Lennebergwald bei Mainz. – Pollichia-Buch, **23**, S. 233–326, Bad Dürkheim.
- KAMPE, J. & PLAUL, W. & SCHWEBLER, W. (2000): Grundwasserbericht 2000. 122 S., (Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz) Mainz.
- (2007): Grundwasserbericht 2007. Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht, 86 S., (Hrsg.: Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz) Mainz.

- KRAUTHAUSEN, B. & JENTSCH, G. (2007): Hydrogeologische Untersuchungen zur Neuausweisung des Wasserschutzgebietes „Bruch“, Bad Dürkheim. Gutachten Hydrosond Geologisches Büro vom Dezember 2007, Rheinmünster. – [unveröff.].
- LINCK, C.J. (1963): Geophysics as an aid to the small water well contractor. – Ground water, 1, S. 33–37, (Blackwell) Malden, Mass.
- LGB (Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, 2004): Hydrogeologische Übersichtskartierung von Rheinland-Pfalz, Mainz, <http://www.lgb-rlp.de/huek200.html> (Stand November 2012).
- (Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz, 2009): Hydrogeologische Übersichtskarte 1:300 000, Mainz.
- LGB & LFW (Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz & Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz, 2004): Hydrogeologische Kartierung Kaiserslautern. 96 S., 13 Ktn. auf CD-ROM, Mainz.
- LGB & LUWG (Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz & Landesamt für Wasserwirtschaft Rheinland-Pfalz, 2010): Hydrogeologische Kartierung Bitburg – Trier. 134 S., 19 Ktn. auf CD-ROM, Mainz.
- LOGAN, J. (1964): Estimating Transmissibility from Routine Production Tests of Water Wells. – Ground Water, 2, S. 35–37 (Blackwell), Malden, Mass.
- MELUF & MLULF & MLWF (Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft, Umwelt und Forsten Baden-Württemberg & Hessisches Ministerium für Landesentwicklung, Umwelt, Landwirtschaft und Forsten & Ministerium für Landwirtschaft, Weinbau und Forsten Rheinland-Pfalz, 1980): Hydrogeologische Kartierung und Grundwasserbewirtschaftung Rhein-Neckar-Raum, Analyse des Ist-Zustandes. 71 S., 12 Abb., 10 Tab., 14 Anl. (18 Ktn., 8 Schnitte), Stuttgart, Wiesbaden, Mainz.
- SCHÄFER, P. (2009): Geologische Karte von Rheinland-Pfalz 1:25 000, Blatt 6314 Kirchheimbolanden, und Erl., 64 S., (Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz) Mainz.
- SHARIFZADEH, Y. (1974): Zur Hydrogeologie und Geohydrochemie vom Stadtgebiet Mainz und der näheren Umgebung. Diss. Univ. Mainz, 73 S., Mainz. – [unveröff.].

Anschrift des Autors:

Dr. FRANK BITZER,
Landesamt für Geologie und Bergbau Rheinland-Pfalz,
Emy-Roeder-Straße 5, D-55129 Mainz.

Manuskript eingegangen am 30.11.2012